更稳定的发挥：基于运动技能类比学习的视角

王超[1] 李瑞烜[1] 陈静[1] 郑玮琦[1]

(北京体育大学心理学院，北京 100084)[1]

摘要 运动技能类比学习指将所要学习的运动技能的整体知识和规则整合成一个更容易理解的生物学隐喻。在运动技能学习的过程中使用类比学习能够使学习者在压力情境下、干扰情境下和高复杂决策情境下保持运动表现的稳定，但其学习效果也会受学习者运动水平、指导内容以及认知因素的影响。本文认为前人研究夸大了工作记忆在类比学习中的作用，并提出运动技能类比学习的注意焦点-再投资-工作记忆模型，即注意焦点、再投资和工作记忆影响类比学习在运动表现中的促进作用的几条可能路径。未来研究需要从类比学习的指导语数量，指导语编写评价标准以及运动任务选取三方面继续深入研究，并对类比学习的认知及神经机制进行探索。

关键词 类比学习，运动技能学习，再投资理论，注意力焦点，组块理论

1 引言

类比(analogy)一词源于希腊语，意为“according to ratio”，指对两个相似性概念的比较(柳皓严, 于志华, 2005)。类比在教育领域(陈栩茜 等, 2012; 刘玉琛 等, 2020; 武欣嵘 等, 2020)和运动领域(Liao & Masters, 2001; Lola & Tzetzis, 2021; van Duijn, Hoskens, et al., 2019)应用较多，它的一个重要的作用就是用一个概念解释另一个概念，即通过类比将不熟悉的概念转换成熟悉的概念，从而帮助学习者认知新的事物(Gentner, 1983)。

在运动领域，Masters(2000)提出了一种新的运动技能的学习方法——类比学习。运动技能的类比学习是将运动技能的整体知识和规则概括为一个人们更容易理解的单一的生物学隐喻(Liao & Masters, 2001)。例如，Liao 和 Masters(2001)比较了类比学习、内隐学习和外显学习在乒乓球正手上旋击球学习中的运动表现。外显学习组通过明确的动作规则作为指导语，内隐学习组不提供任何指导语，而类比学习组在教学时将乒乓球正手上旋击球类比为“好像沿着直角三角形的斜边移动球拍”。结果发现，类比学习组和内隐学习组在学习阶段积累的明确规则比外显学习组少；当同时完成一项第二任务时，外显学习组的运动表现显著下降，而类比学习组和内隐学习组的运动表现则保持稳定。该结果表明，类比学习具有内隐学习的特征，是内隐学习的一种方法。类比学习和内隐学习相似的学习效果在平衡动作的学

收稿日期：2021-11-01

* 教育部人文社会科学研究青年基金(20YJC890049)

共同一作：李瑞烜，E-mail: liruixuanxinli@163.com

通讯作者：郑玮琦，E-mail: zhengweiqi@bsu.edu.cn

习上也得到了支持(Orrell et al., 2006)。

研究发现内隐学习获得的运动技能可以在心理压力(Masters, 1992; Liao & Masters，2001)、生理疲劳(Poolton et al., 2007a)和干扰情境(Orrell et al., 2006)等条件下保持运动表现的稳定。同样，作为内隐学习的一种方法，类比学习相比于外显学习也具有类似的优势，如在心理压力情境下，类比学习能够有效防止运动表现的下降(胡桂英, 许百华, 2009; Lam et al., 2009; Liao & Masters, 2001)；在干扰情境下，类比学习的运动表现能够保持稳定(胡桂英 等, 2016; Poolton et al., 2007b; van Duijn, Hoskens, et al., 2019)；在高复杂决策情境下，类比学习习得的运动技能表现更稳定(Poolton et al., 2006; Masters et al., 2008; Schlapkohl et al., 2012)。由于在练习过程中内隐学习的运动表现始终低于外显学习的运动表现(Maxwell et al., 2000)，而类比学习的提出解决了这一问题，其运动表现和外显学习在练习过程中的运动表现没有差异(Liao & Masters, 2001)。因此，类比学习提高了内隐学习运动技能方法在现实情境下的可应用性，为教练员和教师指导学生学习新的运动技能提供了一种实用性的方法。

本文归纳总结了类比在运动技能学习中的作用及其影响因素，着重分析了类比在运动技能学习中的认知机制，并对以往研究中存在的局限和争议进行梳理并提出新的模型，最后对类比在运动领域未来的研究前景进行展望。

2 类比在运动技能学习中的作用

2.1 压力情境下的稳定性

在运动技能学习中，类比学习习得的运动技能在压力情境下的运动表现更稳定。自从 Liao 和 Masters(2001)通过乒乓球正手上旋击球任务发现类比学习是内隐学习的一种方式，且类比学习习得的运动技能具有在压力情境下保持运动表现稳定的特征，在此之后，该效应在其他运动项目中也得到了一致的结果(胡桂英, 许百华, 2009; Lam & Masters, 2009; Tse et al., 2013)。

Lam 等人(2009)用修改的坐式篮球任务探究压力情境下类比学习防止运动技能表现下降的有效性。参与者分三天完成两个学习阶段的任务和一个测试阶段的任务。结果发现，类比学习组和外显学习组在学习阶段的运动表现没有显著差异。但在压力情境下，即如果投篮得分超过自己之前的最高得分就会得到金钱奖励，相反如果得分没有达到一定分数则会损失一些金钱，外显学习组的运动表现下降，而类比学习组的运动表现保持稳定。该结果表明，类比学习在压力情境下能够有效防止运动表现的下降。此外，研究者发现在高尔夫推杆等其他运动项目中，类比学习组具有同样的优势(胡桂英, 许百华, 2009; Lam & Masters, 2009)，

甚至在类比对言语运动表现(如公众演讲能力)的研究中也发现了同样的结果(Tse, et al., 2013)。

但也有研究并不支持以上观点(Schücker et al., 2013)。Schücker 等人(2013)采用高尔夫推杆任务发现，类比学习组和外显学习组在压力下运动表现均没有下降，甚至从低压到高压条件下运动表现还有提升。这说明无论是外显学习组还是类比学习组，压力对他们的影响是一致的，类比学习在压力情境下并没有表现出优势，因此该结果反对了类比学习比外显学习在压力情境下运动表现更有优势的观点。但 Schücker 等人的研究与前人的研究在压力设置上存在不同，他们采用了从低压到高压再到低压的测试方式，而不是直接在高压的条件下进行测量。低压条件可能对两个学习组的工作记忆负荷的影响较小，而从低压条件到高压条件的压力诱发虽然显著但变化较小，还不足以干扰参与者的运动表现。

虽然上述研究给出了不一致的结论，但其主要原因更多的来源于额外因素。总体来看，在压力情境下，类比学习对运动表现的稳定具有重要作用的观点能够得到有效支持。

2.2 干扰情境下的稳定性

在现实的比赛中，运动员很可能因为各种有意或无意的干扰从而导致运动表现受到影响，而类比学习是解决这一问题的一种实用且有效的方法(Liao & Masters, 2001)。有研究者对上述问题进行了深入的探索(胡桂英 等, 2016; Koedijker et al., 2011; Poolton et al., 2007b; van Duijn, Hoskens, et al., 2019)。

Poolton 等人(2007b)采用乒乓球正手上旋击球任务研究类比学习和外显学习在干扰情境下对运动表现的影响。结果发现，外显学习组在进行运动的同时完成倒计数任务(参与者从 1100 开始每次间隔三个数进行倒数)时，击球得分显著低于单任务(仅进行运动任务)测试的得分，但类比学习组的运动表现保持稳定。同时，类比学习在不同的干扰任务条件下，如音调任务(同时听一系列六个单音节的动物名字，要求参与者听到这些目标词时进行重复)，数字倒转任务(同时听随机两位数，要求参与者倒转两位数报告)和音调高低任务(同时听高音调和低音调，要求参与者报告高的音调)也能保持运动表现的稳定(胡桂英 等, 2016; Koedijker et al., 2011; van Duijn, Hoskens, et al., 2019)。后续对不同运动项目和不同的参与者群体进行研究支持了这一观点，在高尔夫推杆任务(胡桂英 等, 2016)和曲棍球推传任务(van Duijn et al., 2019)以及在老年人乒乓球任务(Tse, Wong, et al., 2017)和儿童跳绳任务(Tse, Fong, et al., 2017)的研究中也发现了相似的结果，表明在干扰情境下，类比学习习得的运动技能表现具有稳定性。

然而 van Duijn 等人(2019)采用高尔夫削球技术研究类比学习和外显学习对儿童学习运动技能的影响时发现了不一致的结论。该研究采用被试内设计，参与者在外显学习后对同一

动作进行类比学习，分别测量两种学习条件下的运动表现。研究结果发现，在干扰情景下，即在进行运动的同时完成音调计数任务，两种学习条件下的运动表现都没有下降。van Duijn 等人(2019)认为出现这一现象的原因可能是儿童处理大量的明确规则已经超过了工作记忆的认知负荷，从而破坏了运动表现，所以在完成双任务时运动表现没有太大的改变。本文认为该研究主要采用了被试内设计，不能排除类比学习条件下的学习者可能继续使用外显学习中的明确规则控制动作的可能性，导致类比学习难以发挥作用。另外，在实验过程中指导语可能没有明确要求运动表现和第二任务需同时尽可能好的完成，因此儿童在测试过程中可能将运动表现放在首位，将第二任务作为一个次要的任务，导致儿童的有限的工作记忆资源只能对动作指导语进行加工，进而减少了对第二任务的加工，导致两个学习组的运动表现没有显著变化(van Duijn, Hoskens, et al., 2019)。

尽管此研究没有发现类比学习相比于外显学习在运动表现稳定性上的优势，但其可能的原因是被试内设计中先前的外显学习对之后类比学习运动表现的干扰以及任务难度造成了儿童被试工作记忆认知负荷的地板效应。总体而言，在干扰情境下，类比学习依然能够保持运动表现的稳定。

2.3 高复杂决策情境下的稳定性

在体育比赛中，运动员经常面临在很短的时间内做出决策并完成一个动作的情况(Poolton et al., 2006)。类比学习习得的运动技能可以使参与者在高复杂决策情境下保持运动表现稳定(Masters et al., 2008; Poolton et al., 2006; Schlapkohl et al., 2012)。例如，Poolton 等人(2006)以乒乓球正手上旋击球任务，研究类比学习组和外显学习组在高低复杂决策情境下的运动表现。低复杂决策是参与者将白色的乒乓击打到右侧目标区域，将黄色的乒乓球击打到左侧的目标区域。而高复杂决策是参与者每击球两次后，交换球的颜色对应的目标区域，比如在第一次和第二次击球中，将白色乒乓球击打到右侧目标区域，将黄色乒乓球击打到左侧目标区域，在第三次和第四次击球中，将白色乒乓球击打到左侧目标区域，将黄色乒乓球击打到右侧目标区域，以此类推。结果发现，类比学习组和外显学习组在低复杂决策情境下运动表现没有受到影响。但在高复杂决策情境下，外显学习组运动表现下降，类比学习组运动表现没有受到影响。因此，在高复杂决策情境下，类比学习具有保持运动表现稳定的作用。

在此基础上，Masters 等人(2008)进一步探究了在时间限制的条件下，类比学习者在复杂决策情境下的运动表现。结果发现，在时间限制条件下(通过缩短发球机的发球时间)，外显学习者在高复杂决策时运动表现会受到影响，在低复杂决策时运动表现不会受到影响。而类比学习者在做出高复杂决策或者低复杂决策时，运动技能表现没有显著差异，即在时间限制

条件下，类比学习者的运动表现也同样能在高复杂决策情境下保持稳定。但该效应在专家和新手上存在差异，Schlapkohl 等人(2012)的研究发现在高复杂决策情境下，新手类比学习组的运动表现更好，而专家外显学习组的运动表现更好。

由于比赛环境的高复杂性和时间的限制性，运动员经常需要在很短的时间内做出一个决定并且执行动作。现有的研究发现，在高复杂决策情境下，类比学习的新手组和外显学习的专家组运动表现更稳定。然而现有研究对于复杂决策情境下类比学习者的运动表现的研究较少，还没有推广到更多的运动项目和参与人群中，在未来的研究中需要得到更多的实证支持。

3 影响类比在运动技能学习中作用的因素

3.1 运动水平

不同运动水平会影响类比学习条件下运动技能学习的表现。Tielemann 等人(2008)对 8 个多实验研究的 33 个独立效应进行元分析，将类比学习和外显学习进行比较，结果表明类比学习对运动技能学习有更大的积极作用，但这种优势往往只存在于新手，而不存在于专家。Schlapkohl 等人(2012)研究了专家和新手在乒乓球正手上旋击球运动中的表现，结果发现对于专家来说，外显学习组相比于类比学习组在后测和记忆测试中表现更好；对于中级运动水平学习者而言，外显学习组相比于类比学习组在后测中表现出乒乓球正手上旋击球性能的优势；但对于新手来说，类比学习组则具有更好的击球表现。从口头报告的结果来看，与类比学习组相比，外显学习组的新手和专家都报告了更多的明确规则。因此，对于专家而言，由于他们已经熟练掌握了一些运动规则，所以知识的积累和解决问题的策略会更有帮助，他们只需要回忆已知的规则并仅记忆少部分新的规则，因此外显学习所包含的明确规则并未对其工作记忆负荷造成影响。而对于新手来说，外显学习要求他们记忆多条规则，对于工作记忆的负荷要求较高，而类比可以减少知识积累、降低动作记忆负荷和意识控制，从而提高运动成绩。

Capio 等人(2019)的研究也发现了相似的结果，即随着学习时间的推移，类比新手组和外显新手组的垒球击球表现有显著的提升，但中级运动水平的类比学习者和外显学习者击球表现没有显著的提升。尽管中级运动水平学习者的运动表现在类比学习条件下并无显著优势，但 Meier 等人(2020)使用心理表征的结构维度分析方法对其进行研究发现，类比学习组和外显学习组的中级运动水平的学习者在后测和保持测试中都发展出与网球发球功能阶段有关的更有意义的集合，即其心理结构获得了功能性的发展。因此，在运动技能学习中新手

可能更适合类比学习；专家则更适合接受明确的、基于规则的外显学习以实现快速和长期的学习过程(Schlapkohl et al., 2012)，而中级运动水平的学习者在两种指导方式下都可获益。

3.2 指导内容

指导内容会影响类比学习条件下运动技能学习的表现。首先，在没有考虑学习者的需求、知识和已有经验的情况下，类比指导可能会产生多重解释的问题，从而导致学习者表现出明显不同的动作。例如，Bobrownicki 等人(2019)提出在“像弹射器(catapult)一样移动手臂”这一类比指导语中，“弹射器”这一词汇可能会唤起“弹弓”和“投石器”两种图像，由于二者所代表的运动方式并不一致，可能会导致学习者对类比指导产生多重解释，从而对其在类比指导下的运动技能学习表现造成消极影响。因此，由于教练员和运动员的经历、知识等因素的不同，可能会造成二者对类比指导的理解不一致，从而导致类比指导的无效和误用。此外，类比指导语对学习者运动表现的影响会随文化背景的改变而出现不一致的效果。Liao 等人(2001)对英语母语者使用“好像用球拍沿着直角三角形的斜边移动”作为乒乓球正手上旋击球动作的类比指导语，研究发现相比于外显学习组，类比学习组积累了更少的明确规则，且在双重任务中表现出更好的稳定性。然而，Poolton 等人(2007b)将此指导语翻译为中文发现该类比指导语对汉语母语者来说是无效的。尽管学习者表示似乎能理解类比指导语的内容，但在将类比概念的原理映射到他们的运动时表现出困难。这可能是由于逐字翻译忽略了汉语表达交流的规范，使类比传达了不恰当的抽象概念从而导致不能被学习者有效地应用。因此，Poolton 等人(2007b)在此基础上，以汉语文化为背景，将乒乓球正手上旋击球动作的类比指导语改为“移动球拍就像沿着山坡向上移动”，结果发现类比学习者比外显学习者积累的明确规则更少且在双重任务中表现出更稳定的表现。因此，在跨文化研究中，类比学习的指导内容需要根据学习者的文化背景进行本土化改编，从而保障类比学习的指导内容可以被学习者理解并映射在运动学习过程中。

综上所述，类比学习的指导内容需要配合学习者使用，需要考虑到学习者的文化、经历、知识等因素，通过将学习者的理解纳入指导内容中来消除可能的歧义或者多重解释(Bobrownicki et al., 2019)，或者通过使用替代的、更全面的信息来源使指导内容尽可能客观(Abraham & Collins, 2011)。

3.3 认知因素

除以上两点因素外，学习者的个人偏好和倾向，如言语指导偏好和有意识地控制运动的倾向，也会对类比学习条件下的运动表现产生影响。首先，van Duijn 等人(2020)研究发现在类比学习条件下，高言语指导偏好学习者的左颞叶语言分析相关脑区，如布罗卡区(句法处

理和语言产生)和威尔尼克区(听觉关联和语言理解)的活动显著降低且运动表现保持稳定，而低言语指导偏好学习者的语言脑区活动并无显著降低且运动表现显著下降。因此，类比学习对运动技能学习过程中认知和运动表现的改变可能依赖于学习者信息加工能力，类比学习提高了高语言偏好学习者语言加工的效率。

此外，van Duijn 等人(2019)研究了类比学习条件下有意识地控制自身运动倾向对运动学习的影响。实验对 13 岁左右的儿童进行了为期四周的高尔夫削球动作训练并使用运动特定再投资量表(Movement Specific Reinvestment Scale, MSRS)对学习者有意识地监控和控制自己运动的倾向进行评估，结果发现类比学习条件下，有意识地控制自己运动的倾向较低的参与者高尔夫短切球的准确性更高，即类比学习条件下有意识地控制自己运动的倾向可以负向预测运动成绩。因此，儿童通过类比习得的运动技能可能会受到他们有意识地控制运动的倾向的影响，教练需要调整教学风格，以适应与有意识处理相关的个体差异，从而进一步提高学习者的动作表现。

4 类比学习影响运动技能表现的认知机制

本文通过对比组块理论和再投资理论对类比在运动技能学习中作用的解释，认为前人研究可能夸大了工作记忆对类比的解释，并提出注意焦点、再投资和工作记忆共同促进类比学习运动表现的注意焦点-再投资-工作记忆模型。具体来讲，类比学习一方面通过指导语组块减少工作记忆的负荷，另一方面通过使用外部注意焦点降低身体再投资促进运动表现的稳定性，同时再投资的降低也减少了其所使用的工作记忆资源，对运动表现的稳定性起促进作用。

一种普遍的观点认为组块理论(chunking)在类比的运动技能学习中发挥作用，即类比将运动技能规则整合到一个个的组块中，使学习者自动化地执行动作，减少了工作记忆的负荷，能够释放多余的认知资源用于第二任务的加工(Masters & Liao, 2003)。前人研究发现类比学习积累的与运动技能相关的、可以用语言描述出来的明确规则比外显学习中更少，进一步支持了组块理论(Liao & Masters, 2001; van Duijn, Hoskens, et al., 2019; van Duijn et al., 2020)。同时在类比条件下，左颞叶语言分析相关脑区的高 α 功率(10Hz~12Hz)显著提高（van Duijn，2019)，表明了言语分析过程可能在运动表现过程中受到抑制(Kerick et al., 2001)。即类比学习减少了对言语信息处理的依赖从而提高认知效率。因此，类比学习可能通过减少工作记忆所需的认知资源，从而保持双任务条件下的参与者运动表现的稳定。

另一种观点则基于 Masters 等人(1992)提出的再投资理论(Theory of Reinvestment)。该理论认为明确的技能规则被“再投资”到运动中，学习者通过这些陈述性知识有意识地控制身

体动作从而打断了整个运动程序，进而导致了运动表现的下降。在外显学习的过程中，学习者被提供明确的运动规则，并被要求根据这些外显指导，有意识对其动作进行控制。但类比学习将明确规则概括为一个简练的“生物学隐喻”，使学习者在没有意识到运动执行背后的明确规则下学习运动，因此增加的运动规则信息较少，从而保持运动表现的稳定(Kleynen et al., 2014)。例如，Kim 等人(2020)研究类比学习对成年女性 Y 平衡任务(保持单腿平衡不接触地板，同时尽可能用另一条腿伸展)学习的影响。在双重任务(倒计数任务)条件下，Y 平衡任务要求学习者进行新的协调，如果学习者的运动控制在很大程度上依赖于自身的意识控制（如外显组），那么在受到第二任务的干扰后该平衡的表现会崩溃；而类比组较少依赖于自身的意识控制，因此运动表现保持稳定。结果发现，在双任务条件下，外显学习者的 Y 平衡任务表现显著降低，而类比学习者则能保持稳健，且类比学习者报告的外显知识较少，支持了这一理论。

无论是组块理论还是再投资理论都能一定程度上解释类比学习对运动技能学习的影响，但本文认为前人研究可能夸大了工作记忆对类比的解释。因为前人所使用的常规研究中往往使用多条外显学习指导语与一条类比指导语进行对照实验(Cabral et al., 2020; Lee et al., 2018; Tse, Fong, et al., 2017; Tse, Wong, et al., 2017; van Duijn, Thomas, et al, 2019)，而不同数量的指导语本身可能导致工作记忆负荷的不同，数量较多的外显学习指导语可能对学习者的工作记忆产生了更高的要求，因此所得到的类比指导成绩稳定性的结果无法排除指导语数量本身带来的工作记忆的影响。综上，已有类比学习的研究可能忽略了外显学习和类比学习的指导语数量的不匹配导致的工作记忆负荷的差异，从而夸大了类比学习对运动技能学习的作用。

本文认为类比学习可以通过改变学习者的注意焦点从而促进运动表现。例如，Chatzopoulos 等人(2020)比较外显学习和类比学习对学前儿童跑步、跳远、疾跑和平衡能力四项运动的影响。有趣的是，类比学习组的运动表现仅在平衡任务上显著优于外显学习组，而其他运动任务中两组并无显著差异。Kim 等人(2020)也发现相比与外显学习组，类比学习组的成年女性在平衡单任务中运动表现更好。在平衡任务中，外显学习中的内部注意焦点会使学习者有意识地按照明确的指导控制平衡任务的运动，导致其自动控制平衡过程的中断(Jackson & Holmes, 2011)。相反，使用类比学习中的外部注意焦点则可以让学习者使用更“自然”的动作来控制平衡从而保持稳定(Wulf & Lewthwaite, 2016)。值得注意的是，Chatzopoulos 等人(2020)研究的四项运动所设置的指导数量相同，很大程度上平衡了类比指导对工作记忆的影响，且外显组中提供的四个指导的数量也没有超过儿童的工作记忆容量(Buszard et al., 2017)，因此，平衡任务中运动表现的提高很大程度上可以归功于类比学习条件下学习者更

倾向使用外部注意焦点。但由于其他任务运动特点不同，其运动表现对外部注意焦点所带来的稳定性依赖较小(如跑步更关注的是跑步速度而非跑步动作的稳定)，因此往往无法直接体现在运动成绩中从而被研究者忽略。

除此之外，注意焦点可以通过改变明确规则在运动中的再投资从而保持在第二任务中运动表现的稳定。外显指导语包含了大量对身体各部位如何运动的明确知识，使学习者更易使用内部注意焦点对自身动作进行观察和纠正，进而提高了明确规则再投资的数量，从而有意识的对身体进行控制，打断了运动程序，降低了运动的自动性，使运动技能稳定性受到破坏。同时，再投资的提高会增加学习者对工作记忆中资源的利用，增加了工作记忆的负荷，从而可能进一步降低运动表现的稳定(Masters & Maxwell, 2008)。而类比指导语使学习者更易使用外部注意焦点，降低运动规则的再投资从而更易保持运动表现的稳定；同时再投资的降低也会减少工作记忆的负荷，从而保持运动表现的稳定。

综上所述，本文提出运动技能类比学习的注意焦点-再投资-工作记忆模型，认为类比学习影响运动表现的认知机制可能存在以下几种(如图 1)。第一，类比学习将运动技能规则整合到一个个的组块中，使学习者自动化地执行动作，减少了工作记忆的负荷，从而保持运动表现的稳定。第二，类比条件下学习者更易使用外部注意焦点从而降低运动规则的再投资，提高运动表现的稳定。此外，相比于外显学习，再投资的降低可以减少了工作记忆的负荷，从而进一步促进运动表现的稳定。

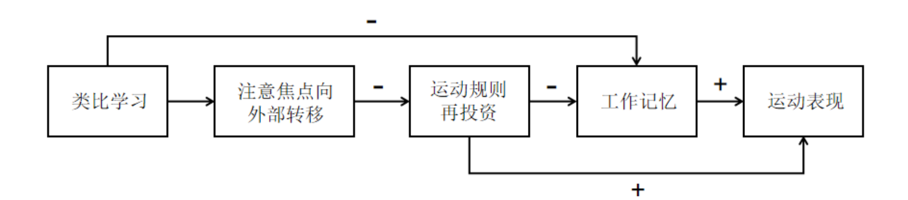


图 1 运动技能类比学习的注意焦点-再投资-工作记忆模型。工作记忆、注意焦点和再投资三者共同影响了类比学习在运动表现中的促进作用。另外，类比条件下学习者使用的工作记忆资源更少从而促进运动表现的稳定以及更易使用外部注意焦点从而降低运动规则的再投资，进而提高运动表现的稳定。"+"表示促进，"-"表示减少。

5 已有研究的局限

5.1 不同运动技能指导语数量的不匹配和提供方式的低生态效度

如上文所言，在类比学习的研究中，外显学习和类比学习的指导语数量的不匹配可能夸大类比指导对运动技能学习的作用。与一条类比指导语相比，多条外显指导语在指导语内容的数量上增加了工作记忆的负荷，难以将运动表现的稳定直接归功于是类比学习本身的优

势。而到目前为止，多数研究者仍然习惯性地使用前人传统的指导数量不对等的研究设计，仅有部分研究者对指导数量进行了控制(Bobrownicki et al., 2019; Meier et al., 2020)。

此外，在类比学习的实验中，研究者提供指导语的方法缺少生态效度。在实验设计方面，外显学习指导往往在学习阶段会被完整重复多次，这与现实生活中的运动技能学习模式不符。Schücker 等人(2013)在研究高尔夫推杆动作技能学习的实验设计中，每 50 次推杆重复一次完整的 6 条外显学习指导，共重复了 6 次。而在现实生活中，学习者通常接受的是步进式(Step-by-step)的指导方式，即每次指导仅提供一个或两个指导语，而不是重复所有指导语(Tse, Wong, et al., 2017)。这就可能导致研究者在使用传统的多条外显学习指导语的实验范式时，除了指导语数量不匹配对工作记忆和意识控制造成的干扰以外，多次且完整的重复多条外显学习指导语将再次拉大与单条类比指导之间的差距。对此 Meier 等人(2020)创新性地改善了指导语的提供方式。研究要求教练员编写的指导语与网球发球动作中所包含的 11 个基本动作概念(Basic action concepts, BACs)一一对应，基本动作概念是指与实现行动目标的共同功能相关的姿势和运动事件的认知组块(Schack et al., 2014)，包含了身体各部位在网球发球的不同阶段中的动作。之后，教练员和研究人员对学习者前测中网球发球的表现进行评估，确定每个学习者的发球失误所对应的基本动作概念。最后，在动作学习阶段中，每个学习者仅会得到该基本动作概念相对应的类比指导语，而不是完整的 11 个基本动作概念所对应的指导语。这种创新性的研究方法减少了指导语的多次重复，与现实生活中动作技能学习训练的情景更为相似，提升了研究的外部效度。

5.2 指导内容的编写方法及有效性评估缺乏标准化流程

前人研究往往通过对学习者提供类比指导来进行类比学习条件的操控，这就需要一个标准化的类比指导内容编写方法和完备的类比指导内容的评估标准去保障类比学习操控的有效性。但在现阶段的研究中，指导内容的编写方法和评估标准仍处于探索阶段。

在指导内容的编写方面，前人多使用经验法和专家法来确定类比指导的内容。近年来多数研究者使用经验法对类比指导内容进行编写，即直接使用前人研究中的类比指导或对其进行简单的整理修改。如 Tse 等人(2017)直接使用 Poolton 等人(2007b)使用的“移动你的球拍，就像沿着山坡向上移动”来作为乒乓球上旋击球的类比指导。Bobrownicki 等人(2019)实验中的外显学习和类比指导来源于对前人资料的整理(Kitsantas & Zimmerman, 2007; Maus, 2000)。但经验法的局限在于无法对前人研究所使用的类比指导的有效性进行量化，一方面上文所提到类比指导的有效性会受到经验、知识、文化等方面的影响，前人指导语可能并不适用；另一方面前人所使用的类比指导语往往也缺少标准化的编写过程和理论依据，直接使用前人研

究内容中的类比指导语而未对其有效性进行再评估是不严谨的。

为避免经验法带来的局限，近年来有少数研究者使用专家法对指导内容进行编写。Meier 等人(2020)研究了类比指导对网球发球动作技能学习的影响，为了保障制定网球发球说明内容的有效性，选用专家(5 名具有 B/A 级和相当丰富的网球训练经验的网球教练)制定类比指导内容并在他们自己的训练课程中使用，再通过和研究人员讨论以确定网球发球不同运动阶段的类比指导语。该研究创新性地对类比指导内容的进行提前施测，是对指导内容有效性测量的探索性尝试。虽然编写流程和施测流程仍未达到标准化的水平，但对未来的类比指导的编写和有效性评估标准化有重要借鉴作用。

5.3 运动任务类型的差异较大

虽然近年来已有大量关于类比学习在运动技能学习中的作用的研究，但各研究选用的运动技能任务往往各不相同，导致研究之间很难进行直接的横向比较。尽管田麦久等人(1998)提出项群训练理论，根据项目特点对运动项目进行分类，但在类比学习研究中，研究者往往聚焦于某个运动动作(如，乒乓球正手上旋击球动作)而非整个运动项目过程(如，乒乓球竞技对抗)，且往往采用无对抗性单人运动任务，导致无法直接使用项群训练理论对此进行分类。因此，根据现有研究所使用的运动任务，本文根据动作任务特点将其归纳为：技巧性动作，准确性动作和协调性动作。技巧性动作主要指学习者需要学习某个复杂或困难的动作技能。例如 Masters 等人(2001)通过类比指导要求参与者对乒乓球正手上旋击球进行学习，这一动作技能也常被之后的学者使用(Poolton et al., 2007b; Tse, Wong, et al., 2017)。此外 Bobrownicki 等人(2015)使用的剪刀式跳高也是典型的技巧性动作。而准确性动作相比于跳高等技术性动作，其任务的动作姿势较为简洁单一，且对学习者运动控制能力的要求较高，以发球类动作和投掷类动作为主，往往以发球落点位置或命中目标情况等准确性指标为依据对动作表现进行测量。发球类动作常用的有高尔夫推杆(Schücker et al., 2013; Cabral et al., 2020; 胡桂英 等, 2016)，排球发球(Lola & Tzetzis, 2021)，羽毛球发球(Lee et al., 2018)和网球发球(Meier et al., 2020)等；投掷类运动常用的有坐式投篮(Lam et al., 2009; van Duijn et al., 2020)和飞镖投掷(Bobrownicki et al., 2019)。协调性动作相比于上述两种动作则更重视个体四肢的协调配合，常配合四肢的运动路径、角度、运动时间差等指标来测量学习者运动协调的程度，例如平衡动作(Orrell et al., 2006)、跳绳(Tse, Fong, et al., 2017)和蛙泳(Komar et al., 2014)。

运动任务的繁杂多样虽然有利于对类比学习的可适用性进行推广，但由于每种运动的运动特点不同，如任务所需运动控制能力、所使用的身体部位(如坐式篮球为大肌肉运动，飞镖投掷为小肌肉运动)、任务复杂程度和困难度等都存在很大差异，因此类比学习对不同项

目的影响可能并不相同。如 Chatzopoulos 等人(2020)研究学前儿童在跑步、跳远、奔跑和平衡能力四项运动上的表现，结果发现与外显学习相比，类比学习仅促进了平衡能力运动表现，而在其他三项运动中无显著性差异。同时，由于不同项目之间往往包含多个运动特点，难以通过控制单个运动特点在不同项目间进行比较，因此相关研究结果的可重复性以及研究结论的可信度有待进一步探讨。

6 总结与展望

本文总结了在压力情境，干扰情境以及高复杂决策情境下类比学习对运动技能学习中的运动表现的影响及其影响类比学习的因素，并从组块理论和再投资理论出发对类比学习的作用机制进行探讨，提出运动技能类比学习的注意焦点-再投资-工作记忆模型。最后从指导语的数量和质量以及运动任务的选择对已有研究的局限和不足进行讨论。尽管前人对类比学习下的运动技能学习表现已做过大量研究，但仍有一些问题值得更深入的探究。

首先，研究者需要注重指导数量的匹配，可在此基础上采用步进式的方式进行指导的施加，从而更加符合真实的训练场景。同时，可以针对运动员的技能学习情况采用更为个性化的指导方式，从而减少无关指导和已掌握的动作指导对工作记忆的负荷以及对注意资源的占用，提高实验设计的外部效度。此外，可以对外显指导的数量进行控制，从而量化类比学习对运动表现所需工作记忆容量的影响。

第二，应注重对类比指导的编写流程及类比指导有效性评估进行研究。最近已有部分研究尝试采用专家法对指导内容进行编写，未来可以进一步参考真实情景下的教练经验对指导语进行编写，并在此基础上对其进行施测与修订。制定类比指导编写的标准化的流程和评测方法仍是类比学习研究中的重要任务之一。另外，指导语可以使用类比加外显的结合方式（Tse, Fong, et al., 2017），除了核心的动作技能上采用类比指导（或外显指导），而在其他动作上的指导语均相同，这样一方面可以很好匹配指导语数量，另一方面可以更好的考查对核心的动作技能（而不是整个过程）的作用。

第三，在未来研究中研究者需要注重对运动任务类型的采用。一方面可以采用未研究过的运动任务从而探究类比学习的普遍适用性，探索不同运动任务的特点在类比学习中可能存在的不同表现；另一方面可以根据前人已研究的运动任务进行更深入的研究，例如，对不同的运动任务和运动特点进行比对，探究在类比学习中运动任务和运动特点对运动技能学习的影响，从而为类比学习的认知机制等方面提供新的研究视角。

最后，虽然已有大量研究对类比学习的内在机制进行推测，但现有研究往往仅通过测量压力、干扰以及高复杂决策情景下类比学习后的运动技能表现的变化，对类比学习的内在机制进行推测，缺少真正的认知及神经机制的探讨。未来研究可以先从投掷飞镖，坐式篮球等可以维持头部稳定的运动任务出发，使用脑电技术(Electroencephalogram, EEG)，功能性近红外光谱技术(functional near - infrared spectroscopy, fNIRS)等技术对其类比学习状态下的脑区激活进行探测，对类比学习的脑机制进行深入研究。

参考文献

陈栩茜，何本炫，张积家. (2012). 加法运算中数学知识和语义知识的整合. *心理学报, 44*(6), 720-734.

胡桂英，刘思聪，许百华. (2016). 干扰情境下类比习得运动技能的稳定表现. *应用心理学, 22*(2), 137-144.

胡桂英，许百华. (2009). 内隐习得运动技能的抗应激性实验研究. *体育科学, 29*(6), 27-61.

柳皓严，于志华. (2016). 运动技能类比学习研究. *湖北体育科技, 35*(10), 927-930.

刘玉琛，许晶，沈玥，王宇昕. (2020). 有机化学概念教学中类比的设计研究. *化学教育(中英文), 41*(12), 18-22.

田麦久. (1998). 项群训练理论. 人民体育出版社.

武欣嵘，俞璐，朱磊，陈庆华. (2020). 在计算机网络课程中应用类比教学的思考与实践. *教育教学论坛,* (4), 342-344.

Abraham, A., & Collins, D. (2011). Effective skill development: How should athletes' skills be developed? In D. Collins, A. Button, & H. Richards (Eds.). Performance psychology: A practitioner's guide (pp. 207–229). (1st ed.). Oxford: Elsevier.

Bobrownicki, R., MacPherson, A. C., Coleman, S. G., Cillins, D., & Sproule, J. (2015). Re-examining the effects of verbal instructional type on early stage motor learning. *Human Movement Science, 44*, 168-181.

Bobrownicki, R., MacPherson, A. C., Collins, D., & Sproule, J., (2019). The acute effects of analogy and explicit instruction on movement and performance. *Psychology of Sport & Exercise, 44*, 17-25.

Buszard, T., Farrow, D., Verswijveren, S. J. J. M., Reid, M., Williams, J., Polman, R., … Masters, R. S. W. (2017). Working memory capacity Limits motor learning when implementing multiple instructions. *Frontiers in Psychology, 8*, 1350.

Cabral, D., Daou, M., Bacelar, M., Parma, J. O., & Miller, M. W. (2020). Does learning a skill with the expectation of teaching it impair the skill's execution under psychological pressure if the skill is learned with analogy instructions? *Psychology of Sport and Exercise*, *51*.

Capio, C. M., Uiga, L., Lee, M. H., & Masters, R. S. W. (2019). Application of analogy learning in softball batting: comparing novice and intermediate players. *Sport Exerc. Perform. Psychol.* 1–14.

Chatzopoulos, D., Foka, E., Doganis, G., Lykesas, G., & Nikodelis, T. (2020). Effects of analogy learning on locomotor skills and balance of preschool children. *Early Child Development and Care*, 1-9.

Jackson, B. H., & Holmes, A. M. (2011). The effects of focus of attention and task objective consistency on learning a balancing task. *Research Quarterly for Exercise and Sport, 82*(3), 574–579.

Komar, J., Chow, J. Y., Chollet, D., & Seifert, L. (2014). Effect of analogy instructions with an internal focus on learning a complex motor skill. *Journal of Applied Sport Psychology*, *26*, 17-32.

Kim, S. M., Feng, Q., & Lam, W. K. (2020). Analogy and explicit motor learning in dynamic balance: posturography and performance analyses. *European Journal of Sport Science*, (9), 1-11.

Kitsantas, A., & Zimmerman, B. J. (2007). Self-regulation of motoric learning: A strategic cycle view. *Journal of Applied Sport Psychology, 10*(2).

Kleynen, M., Braun, S. M., Bleijlevens, M. H., Lexis, M. A., Rasquin, S. M., Halfens, J., … Masters, R. S. W. (2014). Using a Delphi technique to seek consensus regarding definitions, descriptions and classification of terms related to implicit and explicit forms of motor learning. *Plos One, 9*.

Koedijker, J. M., Poolton, J. M., Maxwell, J. P., Oudejans, R. R., Beek, P. J., & Masters, R. S. (2011). Attention and time constraints in perceptual-motor learning and performance: Instruction, analogy, and skill level. *Consciousness and Cognition, 20*(2), 245-256.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science, 7*(2), 155–170.

Lam. W. K., Maxwell, J. P., & Masters, R. S. (2009). Analogy learning and the performance of motor skills under pressure. *Journal of Sport and Exercise Psychology, 31*(3), 337-367.

Lee, R. W., Tse, A. C., & Wong, T. W., (2018). Application of Analogy in Learning Badminton Among Older Adults: Implications for Rehabilitation. *Motor Control, 23*(3), 384-347.

Liao, C. M., & Masters, R. S. (2001). Analogy learning: A Means to implicit learning. *Journal of Sport Science, 19*(5), 307-319.

Lola, A. C., & Tzetzis, G. C. (2021). The effect of explicit, implicit and analogy instruction on decision making skill for novices, under stress. *International Journal of Sport and Exercise Psychology,* (2), 1-21.

Masters, R.S. (1992). Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology, 83*(3), 343-358.

Masters, R.S. (2000). Theoretical aspects of implicit learning in sport. International *Journal of Sport Psychology,*

31(4), 530-541.

Masters, R. S., & Liao, C. M. (2003). Chunking as a characteristic of implicit motor learning. *European Congress of Sport Psychology*.

Masters, R. S., Poolton, J. M., Maxwell, J. P., & Raab, M. (2008). Implicit motor learning and complex decision making in time-constrained environments. *Journal of Motor Behavior, 40*(1), 71-79.

Masters, R., & Maxwell, J. (2008). The theory of reinvestment. *International Review of Sport & Exercise Psychology, 1*(2), 160-183.

Maus, R. (2000). How to play winning darts (3rd ed.). Westborough, MA: 1st Book Library.

Maxwell, J.P., Masters, R.S.W. and Eves, F.F. (2000). From novice to know-how: A longitudinal study of implicit motor learning. *Journal of Sports Sciences, 18*, 111-120.

Meier, C., Frank, C., Grben, B., & Schack, T. (2020). Verbal instructions and motor learning: how analogy and explicit instructions influence the development of mental representations and tennis serve performance. *Frontiers in Psychology*, *11*, 2.

Orrell, A. J., Eves, F. F., & Masters, R. S. (2006). Implicit motor learning of a balancing task. *Gait & Posture, 23*(1), 9-16.

Poolton, J. M., Masters, R. S., & Maxwell, J. P. (2006). The influence of analogy learning on decision-making in table tennis: Evidence from behavioural data. *Psychology of Sport and Exerxise, 7*(6), 677-688.

Poolton, J. M., Masters, R. S., & Maxwell, J. P. (2007a). Passing thoughts on the evolutionary stability of implicit motor behaviour: Performance retention under physiological fatigue. *Consciousness and Cognition, 16*(2), 456-468.

Poolton, J. M., Masters, R. S., & Maxwell, J. P. (2007b). The Development of a Culturally Appropriate Analogy for Implicit Motor Learning in a Chinese Population. *The Sport Psychology, 27*(4), 375-382.

Schack, T., Essig, K., Frank, C., and Koester, D. (2014). Mental representation and motor imagery training. *Front. Hum. Neurosci. 8,* 328.

Schlapkohl, N., Hohmann, T., & Raab, M., (2012). Effects of instructions on performance outcome and movement patterns for novices and experts in table tennis. *International Journal of Sport Psychology, 43*(6), 522-541.

Schücker, L., Hagemann, N., & Srauss, B. (2013). Analogy vs. technical learning in a golf putting task: An analysis of performance outcomes and attentional processes under pressure. *Human Movement, 14*(2), 175-184.

Tielemann, N. (2008). Modifikation motorischer lernprozesse durch instruktionen: Wirksamkeit von analogien und bewegungsregeln. leipzig, germany: Leipziger.

Tse, A. C., Fong, S. S., Wong, T. W., & Masters, R. S. (2017). Analogy motor learning by young children: a study of rope skipping. *European Journal of Sport Science, 17*(2), 152-159.

Tse, A. C., Wong, A. W., Whitehill, T. L., Ma, E. P., & Masters, R. S. (2013). Analogy instruction and speech performance under psychological stress. *Journal of Voice, 28*(2), 196-202.

Tse, A. C., Wong, T. W., & Masters, R. S. (2017). Examining motor learning in older adults using analogy instruction. *Psychology of Sport and Exercise*, *28*(2017), 78-84.

van Duijn, T., Crocker, H., & Masters, R. S. W. (2020). The role of instruction preference in analogy learning: Brain activity and motor performance. *Psychology of Sport & Exercise, 47*.

van Duijn, T., Hoskens, M. C., & Masters, R. S. (2019). Analogy instructions promote efficiency of cognitive processes during hockey push-pass performance. *Sport, Exercise, and Performance Psychology, 8*(1), 7-20.

van Duijn, T., Thomas, S., & Masters, R. S. W. (2019). Chipping in on the role of conscious processing during children's motor learning by analogy. *International Journal of Sports* Science & Coaching, 14(3), 383.

Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The optimal theory of motor learning. Psychonomic Bulletin & Review, 23(5), 1382–1414.

More stable performance: Based on the perspective of learning motor skills by analogy

WANG Chao, LI Ruixuan, CHEN Jing, ZHENG Weiqi

(School of Psychology, Beijing Sport University, Beijing 100084)

Abstract: Motor learning by analogy is based on the principle that a simple biomechanical metaphor that makes motor behaviour easier to understand by integrating the complex rule structure of motor skills. In the process of motor skill learning, performance in response to instructions presented as an analogy is more robust under pressure, distracting situations and high-complexity decision-making conditions. However, the effect of analogy learning is affected by an individual's motor level, the instruction content and an individual's cognitive factors. This review contends that previous studies may have exaggerated the effect of working memory in analogy learning and proposes the attention focus-reinvestment-working memory model of motor skill learning by analogy in which attention focus, reinvestment and working memory jointly affect the improved performance in analogy learning. Further research can be carried out to balance the number of instructions, change the method of instruction provision, standardize the compilation and evaluation of instructions, focus on the selection of exercise tasks and elucidate the neural mechanism of analogy learning.

Key words: analogy learning, motor skill learning, reinvestment theory, focus of attention, chunking theory